

Conference Paper, Published Version

Tonn, Rainer

Verteilung extremer Niederschläge im Harz

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104041>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Tonn, Rainer (1999): Verteilung extremer Niederschläge im Harz. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Betrieb, Instandsetzung und Modernisierung von Wasserbauwerken. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 15. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 53-63.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Verteilung extremer Niederschläge im Harz

Kurzfassung

Der Harz ist eines der niederschlagsreichsten Mittelgebirge Deutschlands. Mit Hilfe dort durchgeführter langjähriger Niederschlagsmessungen wurden besonders extreme Tagesniederschläge zusammengestellt und ihre zeitliche und räumliche Verteilung erläutert. Diesen gemessenen Extremniederschlägen werden maximierte Gebietsniederschläge gegenübergestellt, die einerseits zunächst aufgrund von 13 Projekt-Regionen in Deutschland bestimmt und dann für alle Regionen in Deutschland regionalisiert wurden und andererseits regional aufgrund von örtlichen Messwerten für den Westharz ermittelt wurden.

Abstract

The Harz Mountains belong to the regions of Germany with the highest precipitation. Using the observation of precipitation for many years the time and regional distributions of extremely high precipitation fallen on one day are explained. These measured extreme precipitations are compared with maximised area precipitation. It had been determined on the onehand first for 13 project regions in Germany and later regionalized for all regions in Germany and on the other hand regional mesured precipitation in the West Harz.

1. Einleitung

Der Harz ist das am weitesten nördlich gelegene deutsche Mittelgebirge und erstreckt sich in einer durchschnittlichen Breite von 25 km auf einer Länge von ca. 100 km von WNW nach OSO. Seine höchste Erhebung, der Brocken, erreicht eine Höhe von 1.142 m ü NN. Der westliche überwiegend in Niedersachsen liegende Teil des Harzes entwässert zur Weser und der östliche überwiegend in Sachsen Anhalt liegende Teil entwässert zur Elbe (Abb. 1).

Der Harz nimmt in Deutschland bezüglich der dort fallenden Niederschläge und der sich daraus entwickelnden Abflüsse eine herausragende Stellung ein. Bei mittleren jährlichen Niederschlägen von gebietsweise über 1600 mm gehört er zu den niederschlagsreichsten Mittelgebirgen Deutschlands und auch bei den Starkniederschlägen und Hochwassern wurden besonders hohe Werte erreicht [7].

Für die im Harz bereits seit dem 16. Jahrhundert vom Bergbau intensiv genutzte Wasserkraft waren möglichst genaue Kenntnisse über gefallene Niederschläge von großem Interesse. Darum wurde schon etwa Mitte des letzten Jahrhunderts in Clausthal eine Niederschlagsmessstation eingerichtet, die seitdem ununterbrochen betrieben wird. In den folgenden Jahrzehnten wurde im Harz ein Niederschlagsmessnetz eingerichtet, das im Westharz seit Anfang der 30er Jahre von den Harzwasserwerken zusätzlich verdichtet wurde, so dass heute auch von extremen Ereignissen umfassende Kenntnisse über die zeitliche und räumliche Verteilung des Niederschlags vorliegen.

2. Gemessene extreme Tagesniederschläge

2.1 Zeitliche Verteilung

Im langjährigen Mittel verteilt sich die Jahresniederschlagshöhe im Harz etwa zur einen Hälfte auf den hydrologischen Winter von November bis April und zur anderen Hälfte auf den hydrologischen Sommer von Mai bis Oktober. In mittleren Höhenlagen liegen Niederschlagsschwerpunkte mit jeweils etwa 10 % der Jahresniederschlagshöhen in den Monaten Juli und Dezember.

Bei großen Starkniederschlägen zeigt sich eine deutliche Verschiebung der Schwerpunkte auf den Sommer. Exemplarisch seien hier extreme Tagesniederschläge herausgegriffen, weil hierfür die längsten Messreihen vorliegen. Als zu überschreitenden Schwellenwert für die zusammengestellten Werte werden 100 mm angesetzt, was gemäß KOSTRA 1997 [2] einem 24-h-Niederschlag von 114 mm und für den Harz einem Wiederkehrintervall von ca. 100 Jahren entspricht. Berücksichtigt werden alle verfügbaren Messwerte seit Mitte des vergangenen Jahrhunderts, bei denen an mindestens einer Messstation die Tagessumme von 100 mm überschritten worden ist. Häufig wird bei einem Ereignis der Schwellenwert an mehr als einer Station überschritten (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zeitliche Verteilung von Niederschlagsereignissen mit Tagessummen von mehr als 100 mm.

Jahresreihe	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1855-1900						2	5	2	1				10
1901-1950	2 (10)	3 (8)				1 (5)	1 (1)		1 (1)	1 (1)	1 (6)		10 (32)
1951-1998						3 (15)	1 (1)	1 (3)					5 (19)
Summe	2	3				6	7	3	2	1	1		25

() Anzahl der Stationen mit mehr als 100 mm Niederschläge (ab 1901)

Es zeigt sich, dass von den insgesamt 25 extremen Ereignissen 19 in den Sommer und nur 6 in den Winter fielen. Mehr als die Hälfte dieser extremen Niederschläge (13) traten in den Monaten Juni und Juli auf. Für das Erzgebirge stellte Fojt [6] eine ähnliche Konzentration auf die Monate Juni, Juli und August fest.

Betrachtet man die Verteilung der Ereignisse über die Jahrzehnte, zeigt sich, dass die 10 in der zweiten Hälfte des vergangenen und die 5 in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts aufgetretenen Ereignisse ausschließlich auf das Sommerhalbjahr, dass aber die 10 auf die erste Hälfte dieses Jahrhunderts etwa gleich auf Winter und Sommer verteilt sind.

Es kann festgehalten werden: In der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts sind nur halb so viele extrem hohe Niederschlagsereignisse wie in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts und wie in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts aufgetreten, und sehr hohe Winterniederschläge sind bisher ausschließlich in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts aufgetreten.

2.2 Räumliche Verteilung

Bei im Harz vorherrschenden Winden aus Südwest bis West liegt der Westharz im Stau des Hochharzes mit Brocken und Bruchberg, so dass die mittleren Jahresniederschläge im Westharz bei gleicher Höhenstufe deutlich höher als im Ostharz sind, der bei den o. g. Windrichtungen im Lee des Brockens liegt. Die höchsten mittleren Jahresniederschläge werden auf und südwestlich der o. g. Berge gemessen.

Betrachtet man die größten seit Mitte des letzten Jahrhunderts an einem Tag gemessenen Niederschläge, so zeigt sich folgendes Bild: Aus den 25 Niederschlagsereignissen mit mehr als 100 mm Tagesniederschlägen ragen 5 Ereignisse heraus, bei denen an mindestens einer Station mehr als 150 mm gemessen worden sind. Hiervon entfallen 1 Ereignis auf das Winterhalbjahr und 4 auf das Sommerhalbjahr.

Die fünf höchsten seit 1855 im Harz an einem Beobachtungstag bei einem Ereignis aufgetretenen Niederschläge sind an folgenden Tagen und Stationen gemessen worden:

	<u>Niederschlagshöhe</u>	<u>Datum</u>	<u>Ort</u>
1.	231 mm	08.06.1905	Wernigerode-Nöschenrode
2.	~ 200 mm	22.07.1855	Büchenberg bei Wernigerode
3.	172 mm	28.06.1958	Zillierbach-Talsperre bei Wernigerode
4.	156 mm	03.08.1896	Bad Harzburg
5.	154 mm	14.01.1948	Brocken

Im übrigen Harz sind in diesem Zeitraum keine Niederschläge ähnlicher Größenordnung gefallen. Betrachtet man die Niederschlagsereignisse im Einzelnen, so ergibt sich folgendes Bild:

08.06.1905

Die größten in diesem Jahrhundert im Harz gemessenen Niederschläge traten mit 230,8 mm in Wernigerode auf. Sie fielen in etwa 12 Stunden zwischen Mittag und Mitternacht. Nach Marx [5] wurden die höchsten Niederschläge in Wernigerode-Nöschenrode gemessen. In den wenige Kilometer entfernten Stationen Wernigerode-Innenstadt und Wernigerode-Hasserode fielen im gleichen Zeitraum Niederschläge von 181 bzw. 182 mm Höhe. Die gleiche Summe wurde in Wernigerode-Nöschenrode in einem Zeitraum von weniger als 6 Stunden gemessen. In weiteren 3 Stationen, die von Ilsenburg im Westen bis Blankenburg im Osten reichen, wurden ebenfalls Niederschläge von mehr als 100 mm gemessen. Alle Stationen liegen am Rand des Nordharzes in einem Streifen von ca. 20 km Länge nördlich bis östlich des Brockens.

22.07.1855

Für dieses Ereignis liegen aus dem Zentrum dieses Niederschlagsgebietes keine mit einem Niederschlagsmesser gemessene Niederschlagshöhen vor. Allerdings wurden auf dem Büchenberg ca. 5 km südlich Wernigerode und ca. 12 km östlich des Brockens vom 22.07. mittags bis zum 23.07. mittags in einer Wanne 238 mm Niederschlag gemessen. Der erste Regen fiel gegen 11 Uhr. Die höchsten Intensitäten traten am 22.07. in der Zeit von 14.00 bis 16.00 Uhr auf. Nach einer Regenpause regnete es am 23.07. ab 5.00 Uhr bis mittags noch häufig mit genügender Intensität. Dies bedeutet, dass der bis zum Morgen des 23.07. gefallene Niederschlag vermutlich eine Größenordnung von 200 mm hatte. Das von diesem Niederschlagsereignis betroffene Gebiet entspricht etwa dem vom 08.06.1905.

28.06.1958

Bei einem Starkregen, der am Mittag des 27.06. begann und bis zum Mittag des 28.06. dauerte, sind die höchsten Tagesniederschläge mit 172 mm an der Zillierbach-Talsperre bei Wernigerode gefallen. An der Eckertalsperre sind am Morgen des 28.06. mit 141 mm ebenfalls die bisher höchsten Tagesniederschläge an dieser Station gemessen worden. In 24 Stunden bis zum Mittag des 28.06. sind hier sogar 162 mm Niederschlag gefallen. Die Niederschlagsmaxima traten wieder nördlich bis östlich des Brockens auf. An 11 weiteren Stationen sind bei diesem Ereignis Niederschlagshöhen von mehr als 100 mm überschritten worden. Damit wurde hierbei das bisher größte Gebiet des Harzes mit mehr als 100 mm an einem Niederschlagstag überregnet. Alle Stationen liegen in einem mehr als 40 km langen Streifen im nördlichen Harz zwischen Ah-

rendsberg (Okertalsperre) im Westen bis Friedrichsruh im Osten. Bei diesem Ereignis wurde auf dem Brocken mit 124 mm die 100-mm-Schwelle ebenfalls deutlich überschritten (Abb. 1).

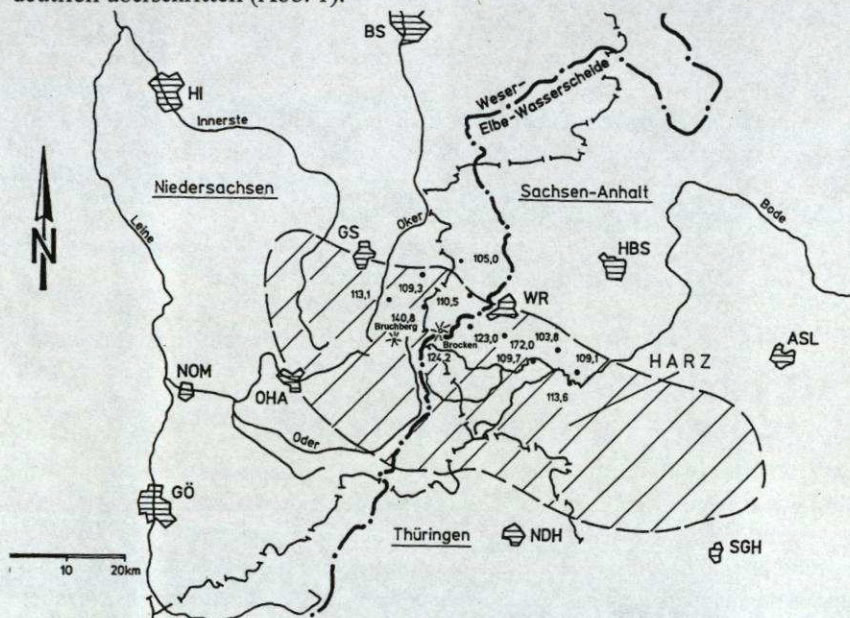


Abb. 1 Starkniederschlagshöhen in mm vom 28.06.1958

03.08.1896

Auch beim vierten herausragenden Niederschlag, der Ende des letzten Jahrhunderts aufgetreten ist, sind die Maximalwerte wieder nördlich des Brockens gemessen worden. Die größten Niederschläge sind am 02.08. zwischen Bad Harzburg im Westen, Stapelburg im Osten und Molkenhaus im Süden gefallen. Berücksichtigt man noch den am 02.08. in den frühen Morgenstunden gefallenen Niederschlag, so erhöht sich die Niederschlagshöhe für Bad Harzburg von 155,8 mm auf 170,6 mm, für Molkenhaus auf 141,3 mm und für Stapelburg auf 140,7 mm. In diesem Fall konnten die hohen Werte nur in einem Streifen von 10 km Länge nachgewiesen werden.

14.01.1948

Bei diesem Winterereignis setzten am Abend des 12. Januar gegen 22 Uhr Warmfrontniederschläge ein, die bis zum Abend des 13. Januar anhielten und dann von heftigen Schauern einer Kaltfront abgelöst wurden. Auf dem Brocken wurde am Morgen des 14.01. mit 154 mm der bisher höchste Tagesniederschlag dieser Station gemessen. Im Luv des Brockens wurde im gleichen Zeitraum in

Braunlage 108,1 mm gemessen. In den 10 Stunden vorher fielen zusätzlich 48,2 mm, so dass in 34 h in Braunlage insgesamt 156 mm Niederschlag gemessen wurde.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten: Während im Winter die höchsten Tagesniederschläge im Bereich von Brocken und Bruchberg, also dort, wo auch die höchsten mittleren Jahresniederschläge fallen, in Höhen über 600 m ü NN gemessen wurden, traten die 4 höchsten Sommerniederschläge auf einer Höhe von 250 bis 500 m ü NN am Nordrand des Harzes in einem Umkreis von weniger als 13 km nördlich bis östlich des Brockens auf (Abb. 1); d. h. die räumliche Verteilung extremer Tagesniederschläge im Sommer weicht wesentlich von der des Winters und von der mittleren Niederschlagsverteilung ab!

Es ist bemerkenswert, dass Fojt [6] im Erzgebirge für die Höhenstufe 300-400 m ü. NN ebenfalls eine größere Häufigkeit von Starkniederschlägen festgestellt hat.

3. Maximierte Niederschläge

Für Fragen der Hochwasserentwicklung und des Hochwasserschutzes ist von großem Interesse, wieweit die bisher größten im Harz gemessenen Niederschläge noch überschritten werden und wo sie auftreten können. Aufgrund der Unterschiede bei den gemessenen Niederschlägen ist es naheliegend, zwischen Sommer- und Winterereignissen zu unterscheiden.

Mit der Herausgabe der DVWK-Mitteilungen 29 „Maximierte Gebietsniederschlagshöhen (MGN) für Deutschland“ werden erstmalig für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland flächendeckend MGN-Werte vorgelegt [1]. Die Untersuchungen sind vom Deutschen Wetterdienst (DWD) durchgeführt worden. Wie bereits in den einleitenden Hinweisen dieser Mitteilungen erwähnt, weichen diese MGN-Werte vereinzelt insbesondere für den „Sommer“ nennenswert von bereits früher für einzelne Flußgebiete Deutschlands durchgeführte Ermittlungen über den „Probable Maximum Precipitation“ (PMP) ab. Im Auftrag der Harzwasserwerke sind in den vergangenen Jahren auch für verschiedene Einzugsgebiete des Westharzes entsprechende PMP-Untersuchungen angestellt worden. Vom Institut für Meteorologie und Klimatologie (IMK) der Universität Hannover wurden im Dezember 1991 entsprechende Ergebnisse für das Einzugsgebiet der Okertalsperre und für Teileinzugsgebiete von Innerste- und Odertalsperre [3] und im Februar 1997 für die Einzugsgebiet der Ecker- und Odertalsperre vorgelegt [4] (Abb. 2).

3.1 Maximierungsverfahren

Die Grenzwerte für die maximierten Niederschlagshöhen sind beim DWD und beim IMK prinzipiell nach dem gleichen physikalisch begründeten Verfahren auf empirischer Basis abgeschätzt worden. Hierbei werden für einzelne historische Niederschlagsereignisse der Wassergehalt der Luft und der Windeinfluss maximiert und die hierbei ermittelte Niederschlagshöhe soweit in andere Gebiete transponiert, wie es durch die auftretenden Großwetterlagen und der vorhandenen Orographie gerechtfertigt erscheint. Bei den einzelnen Schritten der Maximierung und insbesondere bei den Fragen einer möglichen Transposition gibt es allerdings wesentliche Unterschiede zwischen DWD und IMK. Ausgangsbasis für die Berechnung sind in jedem Fall die in der Region an einzelnen Stationen ermittelten Messwerte.

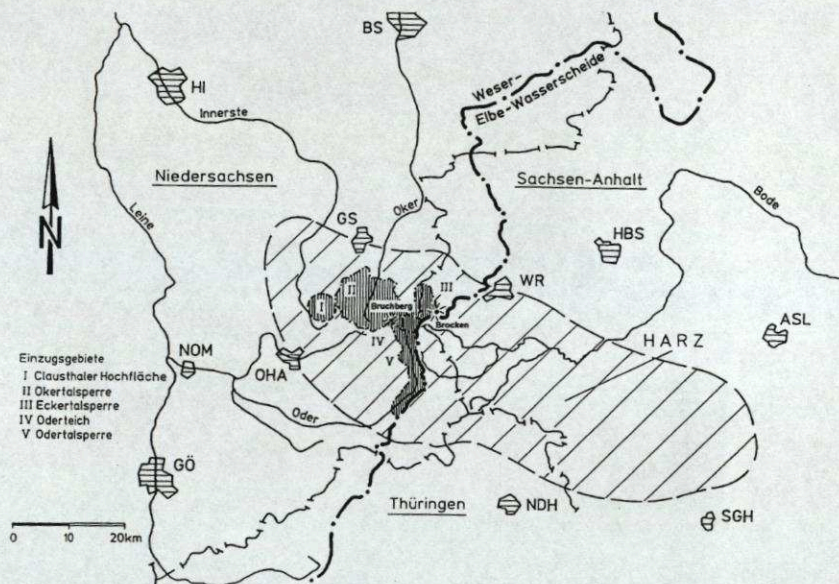


Abb. 2 Einzugsgebiete mit PMP-Untersuchungen im Westharz

3.2 Untersuchungen des DWD

Der Harz ist eine von 13 Regionen in Deutschland, für die der Punktniederschlag maximiert wurde. Nach Bild 1 der DVWK-Mitteilungen [1] ist zu vermuten, dass die für die Abschätzung ausgewählten 6 Messstationen im Einzugsgebiet der Elbe im zentralen und östlichen Harz liegen. Inwieweit diese Stationen repräsentativ für den gesamten Harz sind, kann nicht beurteilt werden. Die auf den Bildern 5 bis 32 der DVWK-Mitteilungen dargestellten Ergebnisse zeigen alle Niederschlagsmaxima südöstlich des Brockens im Zentrum des Harz-

zes. Besonders bemerkenswert ist mit mehr als 300 mm die Niederschlagshöhe im Sommer für die Dauerstufe 1 Stunde und die Gebietsgrößenstufe 25 km² (Abb. 3). Dieses ist für diese Dauerstufe der höchste Wert für die Bundesrepublik Deutschland. Für längere Dauerstufen ab 12 h liegen lediglich die Werte im Alpenvorland und in den Alpen über denen im Harz (Tabelle 2). Im Vergleich mit der höchsten in diesem Jahrhundert im Nordharz in Wernigerode am Fuße des Brockens gemessenen Niederschlagshöhe von 231 mm in ca. 12 Stunden ist die für diesen Ort maximierte Punktniederschlagshöhe etwa doppelt so groß!

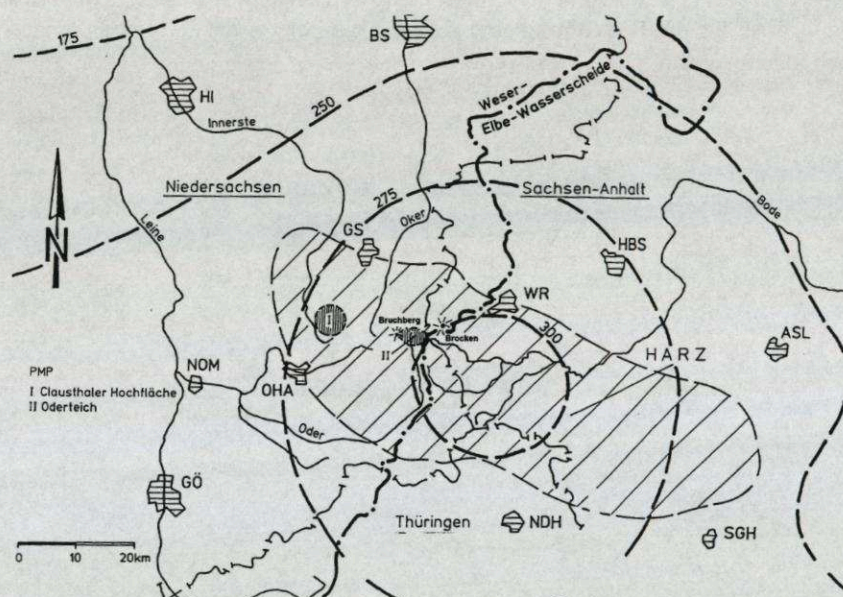


Abb. 3 Maximierte Gebietsniederschlagshöhen in mm (Sommer) für 1h $A_E < 25 \text{ km}^2$ nach [1]

3.3 Untersuchungen des IMK

Für die Abschätzung des Grenzwertes sind 10 Stationen überwiegend aus dem Einzugsgebiet der Weser ausgewertet worden. Um zu überprüfen, inwieweit eine Transposition der Niederschlagsfelder, die 1855, 1896 und 1905 am Nordrand des Harzes aufgetreten sind, in den zentralen und südlichen Harz zulässig ist, sind die während der größten Ereignisse aufgetretenen Großwetterlagen untersucht worden. Hier kam man zu der Überzeugung, dass eine getrennte Betrachtung des Nordharzes erforderlich ist, weil dort die größten Niederschläge meist bei Vb-Wetterlagen verbunden mit nördlicher bis östlicher Gebirgsanströmung aufgetreten sind. Eine Transposition der Niederschlagsereignisse nördlich und östlich des Brockens auf den übrigen Harz wird als unzulässig an-

gesehen, weil es dort zu deutlich überhöhten Werten führen würde. Für Clausthal wurde ein PMP von 96 mm für die Dauerstufe 1 Stunde und von 162 mm für 24 h ermittelt (Tabelle 2).

3.4 Vergleich

Die z. B. für das Gebiet bei Clausthal vom IMK ermittelten Schätzwerte der maximierten Gebietsniederschlagshöhen erreichen im Sommer für die untersuchten Dauerstufen von 1 bis 24 h ca. 30 bis 40 % der vom DWD ermittelten Niederschlagshöhen (Tabelle 2). Für die Eckertalsperre liegen die entsprechenden Werte der UNI Hannover bei 30 bis 50 % des DWD-Wertes. Für die Einzugsgebiete von Oker- und Odertalsperre zeigen sich ähnliche Abweichungen. Der Grund für die deutlichen Ergebnisunterschiede ist vermutlich darin zu suchen, dass die von Seiten des DWD angestrebte Regionalisierung der Werte im Gegensatz zu IMK eine detaillierte Berücksichtigung der Orographie und der besonderen örtlichen klimatischen Verhältnisse nicht zulässt. Im Gegensatz zu den Untersuchungsergebnissen des IMK, die für Bemessungszwecke verwendet worden sind, sollte nach [1] die MGN-Untersuchungen des DWD lediglich als Hintergrundinformation für Sicherheitsüberlegungen und Risikobetrachtungen berücksichtigt werden.

Tabelle 2: Maximierte Gebietsniederschlagshöhen Sommer in mm $A_E < 25 \text{ km}^2$

DWD

Ort	1 h	2 h	6 h	12 h	24 h	48 h	72 h
Elbe/Weser	135	150	170	190	220	255	285
Brandenburg	265	305	315	330	375	415	445
Bayr. Alpen	250	280	400	550	800	1130	1140
WR *	295			470	480		510
CLZ *	280			430	440		490
Brocken *	300			470	475		510

* Werte aus Grafik entnommen

IMK

CLZ	96	136	152	156	162		
Eckertalsperre	96	136	177	207	241	282	311

Tabelle 3: Große Niederschlagshöhen im Westharz im Vergleich mit MGN nach DWD und PMP nach IMK

Ort: Eckertalsperre
Datum: 27.-28.06.1958

	Messung	PMP	MGN
24 h	162 mm	226 mm	460 mm
Prozent PMP	72	100	204
Prozent MGN	35	49	100

Ort: Clausthal
Datum: 28.-29.06.1861

	Messung	PMP	MGN
24 h	117 mm	162 mm	440 mm
Prozent PMP	72	100	272
Prozent MGN	27	37	100

Vergleicht man die größten örtlich gemessenen Punktniederschläge mit den für dort ermittelten maximierten Gebietsniederschlägen, werden in Clausthal und an der Eckertalsperre 72% des PMP und nur 27 bzw. 25% des MGN erreicht (Tabelle 3). In Anbetracht dessen, dass der in Clausthal gemessene maximale Punktniederschlag statistisch ein Wiederkehrintervall von mehr als 200 Jahren hat, erscheint der MGN mit dem fast 4fachen Wert als zu groß.

4. Ausblick

Bei der Ermittlung von Bemessungsgrößen für wasserbauliche Anlagen, ist es zur Ergänzung vorhandener Abflussdaten sinnvoll, möglichst alle historischen Niederschlagsdaten für eine Beurteilung heranzuziehen; denn diese geben nicht nur Aufschluss über örtlich gemessene Niederschlagshöhen sondern liefern gleichzeitig Hinweise auf besondere orographische und klimatische Einflüsse im Untersuchungsgebiet. Ein Beispiel hierfür sind die auffälligen Starkniederschläge im Sommer am Nordrand des Harzes. Gleichzeitig können diese besonderen Niederschlagsereignisse als Ausgangsmaterial für regionale Maximierungsverfahren verwendet werden. Diese örtlich ermittelten maximierten Gebietsniederschläge sind als Ergänzung zu den regionalisierten maximierten Gebietsniederschlägen unverzichtbar.

5. Literaturverzeichnis

- [1] Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V. [DVWK]
Mitteilungen 29, Maximierte Gebietsniederschlagshöhen für Deutschland, 1997
- [2] Deutscher Wetterdienst: Starkniederschlagshöhen für die Bundesrepublik Deutschland,
2. Auflage, Offenbach a. Main, 1997
- [3] Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover,
(PMP) Bemessungshochwasser für die Ausfluten der Teiche im Oberharz, 1991
- [4] Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover,
Abschätzung des wahrscheinlich höchsten Gebietsniederschlags (PMP) für die Einzugsgebiete der Eckertalsperre und der Odertalsperre, 1997
- [5] Marx, S.: Die im Zeitraum 1901 bis 1965 im Gebiet der DDR gemessenen extrem hohen Tagessummen des Niederschlages, Zeitschrift für Meteorologie, Band 19,

Heft 9/10, S. 261-279, 1967

- [6] Fojt, W.: Zur Verteilung hoher Tagessummen des Niederschlages im Erzgebirgsraum, Zeitschrift für Meteorologie, Band 19, Heft 9/10, S. 290-300, 1967
- [7] Tonn, R.: Ungewöhnliche Hochwässer aus dem Harz. Neues Archiv für Niedersachsen, Band 31, Heft 2 S.113-125, 1982

Dipl.-Ing. R. Tonn
Harzwasserwerke
Hauptabteilung Bau- und Talsperrenwesen
Nikolaistraße 8
31137 Hildesheim



Kompetente Planung und Beratung

Beratung

Studien

Forschung

Planung

Projektmanagement

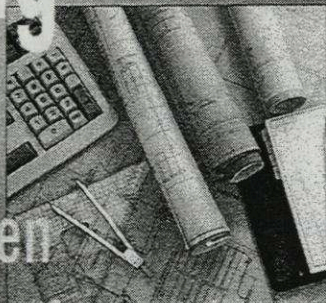
Projektsteuerung

Bauüberwachung

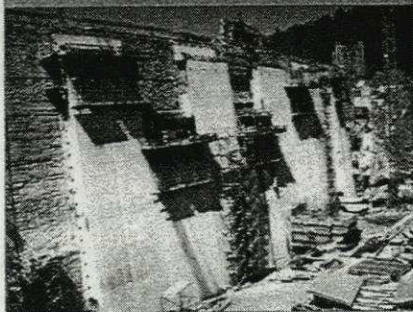
Umweltmanagement

Wir helfen
die Zukunft zu sichern

z. B. Sanierung Dreilägerbach-Talsperre



Verkehr · Wasser · Umwelt



SPIEKERMANN
BERATENDE INGENIEURE

Turnerweg 8, 01097 Dresden
Tel. 03 51/8 28 22-0, Fax 03 51/8 28 22-80

Fritz-Vornfelder-Str. 12, 40547 Düsseldorf
Tel. 02 11/52 36-0, Fax 02 11/52 36-456

Augsburg Berlin Duisburg Dresden Erfurt
Frankfurt Leipzig Stuttgart